

Jussi Liljamo

Lämpökamerakuvaukset ja niiden analysointi Lujatalo Oy:n Seinäjoen Vapaaseurakunnan työmaalle

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jussi Liljamo

Työn nimi: Lämpökamerakuvaukset ja niiden analysointi Lujatalo Oy:n Seinäjoen Vapaaseurakunnan työmaalle

Ohjaaja: Veli Autio

Vuosi: 2018

Sivumäärä:35

Liitteiden lukumäärä:17

Tämä opinnäytetyö on tehty Lujatalo Oy Pohjanmaan alueyksikölle. Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa lämpökamerakuvaukset ja niiden analysointi Lujatalo Oy:n Seinäjoen Vapaaseurakunnan työmaalle osana Lujatalo Oy:n omaa laadunvalvontaa uudiskohteessa.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuuden tarkoituksena on antaa kattava yleiskuva lämpökuvauksesta sekä sivuta laatua ja sen merkitystä rakentamisessa. Lämpökuvaus on hyvä aineita rikkomaton tapa tutkia rakenteita ja niiden toimivuutta.

Opinnäytetyöhön liittyvät lämpökuvaukset toteutettiin maaliskuussa 2018, mahdollisimman otollisissa olosuhteissa. Kuvia kertyi kuvauksissa noin 250. Suurempia virheitä kuvauksissa ei löytynyt. Tiivistykset olivat osissa kohdin puutteellisia sekä muutamia ryömintätilan eristepuutteita havaittiin.

Avainsanat: lämpökuvaus, laatu, rakentaminen, Lujatalo Oy, laadunvalvonta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Jussi Liljamo

Title of thesis: Thermal Imaging of the Seinäjoki Free Church Construction Site Managed by Lujatalo Oy and an Analysis on the Pictures.

Supervisor: Veli Autio

Year:2018

Number of pages:35

Number of appendices:17

This thesis was made for the Lujatalo Oy Pohjanmaa satellite office. The aim of the thesis was to perform thermal imaging and analyse the thermal images for the Seinäjoki Free Church- construction site managed by Lujatalo Oy. Thermal imaging was performed as a part of Lujatalo Oy's own quality control.

The theoretical part of this thesis aimed to give a comprehensive overview of thermal imaging and also pay attention to the importance of quality in construction. Thermal imaging is a very good method as it is non-violent to the researched structures and their functionality.

The thermal imaging in this thesis was carried out in March 2018, under the most favourable conditions. There were about 250 images. There were no larger errors encountered – even though the joints were partially incomplete and some isolations flaws were observed in the crawl space.

Keywords: thermal imaging, quality, construction, Lujatalo, quality control

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tavoitteet	8
1.2 Toimeksiantaja yritys.....	8
2 LAATU	9
2.1 Rakentamisen laatu	9
2.2 Työmaan tuotannonsuunnittelu	10
2.3 Työmaan laatusuunnittelu	10
2.3.1 Työmaan projektisuunnitelma	11
2.3.2 Urakoitsijan laatusuunnitelma	12
3 LÄMPÖKUVAUS.....	13
3.1 Yleistä	13
3.2 Lämpökuvauksen hyödyntäminen ja käyttö rakentamisessa	15
3.3 Rakenteiden pintalämpötilat ja niiden lämpökuvaus.....	15
3.3.1 Kylmäsillat.....	16
3.3.2 Ilmavuodot	16
3.3.3 Eristepuutteet ja eristeviat.....	16
3.4 Lämpökuvaus uudisrakentamisessa	17
3.5 Lämpökuvauksen suorittaminen.....	18
3.5.1 Keskimääräisen ja pistemäisen lämpötilan määrittäminen.....	19
3.5.2 Erityiskohteiden lämpökuvaus.....	19
3.5.3 Lämpökuvaussuunnitelma	20
3.5.4 Mittalaitteet.....	20
3.5.5 Mittausolosuhteet.....	21
3.6 Lämpöviihtyvyys.....	22
3.6.1 Sisätilojen lämpöolot	22

3.6.2 Asumisterveysasetus	23
3.6.3 Fysikaaliset olot	25
3.6.4 Huonetilan lämpöolot ja virtausnopeus	25
3.6.5 Lämpötilaindeksi	26
3.6.6 Lämpötilan ja vedon mittaaminen	28
3.6.7 Mittausstandardit sekä mittalaitteet	28
4 TUTKIMUSKOHTTEEN LÄMPÖKUVAUS.....	30
4.1 Kuvauskohde ja käytetyt mittalaitteet	30
4.1.1 Flir E6- lämpökamera.....	30
4.1.2 TSI Airflow TA460 monitoimimittari	31
4.1.3 Raportit	31
5 LÄMPÖKUVAUKSEN YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Lattian ja seinän keskimääräinen pintalämpötilan määrittäminen voidaan tehdä kuvassa osoitetulla rasteroidulla alueella.	19
Taulukko 1. Tyypillisimpien rakennusmateriaalien keskimääräisiä emissiokertoimia +20 °C:n lämpötilassa	14
Taulukko 2. Lämpötilojen toimenpiderajat.....	26
Taulukko 3. Lämpötilaindeksin käyttö.	27
Taulukko 4. Rakennuksessa mitatun alipaineen vaikutus mitattuun pistemäiseen lämpötilaindeksiin.....	27

Käytetyt termit ja lyhenteet

Emissiivisyys	Pinnan kyky lähettää lämpösäteilyä. Emissiivisyys kertoo, kuinka iso osa kappaleen lähettämästä energiasta on pinnasta lähtevää omaa energiaa.
Emissiokerroin	Materiaalin pinnan emissiivisyys ilmoitetaan emissikertoimella. Materiaalin pinnan emissiokerroin on 0–1, se ilmoitetaan aina desimaalilukuna.
Lämpötilaindeksi	Lämpötilaindeksin avulla pystytään arvioimaan rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Vaipan pintalämpötiloja pystytään arvioida sekä verrata toisiinsa lämpötilaindeksiä käyttämällä, jos lämpötilojen mittauksia ei pystytä tekemään vakio-olosuhteissa.

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Rakentamisen aikana suoritettava laadunvarmistaminen on hyvä keino välttää rakentamisessa syntyviä virheitä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suorittaa lämpökamerakuvaukset sekä niiden analysointi Lujatalo Oy:n Pohjanmaan alueyksikön Seinäjoen Vapaaseurakunnan työmaalle. Lämpökuvaukset suoritetaan osana rakennusaikaista laadunvalvontaa. Lämpökuvauksella pyritään havaitsemaan virheitä, joita on silmämääräisesti vaikeaa tai mahdotonta huomata.

1.2 Toimeksiantaja yritys

Lujatalo on osa Luja-yhtiötä, joka on yksi Suomen suurimpia rakennusalan konserneja. Luja-yhtiöt on vuonna 1953 perustettu perheyritys. Lujatalolla on 6 alueyksikköä: Uusimaa, Pirkanmaa, Kaakkois-Suomi, Itä- ja Keski-Suomi, Pohjanmaa sekä Pohjois-Suomi. Lujatalo toimii niin uudisrakentamisen kuin saneerauksen saralla. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2016 lähes 365 M€ ja Lujatalo työllistää yli 700 rakennusalan ammattilaista. (Lujatalo Oy, [viitattu 23.1.2018].)

Toimeksianto tälle työlle tuli Pohjanmaan alueyksikön Seinäjoen toimistolta.

2 LAATU

On monta tapaa määritellä laatua, yksi näistä on jakaa se tuotteen laatuun. Tuotteen laatu on suuri kilpailutekijä. Tuotteen lopulliseen laatuun vaikuttavat suunnittelun laatu, valmistuksen laatu ja asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu. (Rakennustöiden laatu 2017, 7.)

2.1 Rakentamisen laatu

Rakentamisen laatua voidaan tarkastella monesta näkökulmasta. Laatua voi olla se, että työ tehdään kerralla kunnolla. Laatua voi olla myös se, että tehdään se mitä luvataan ja joillekin sitä, että on opittu virheistä. Rakentamisen laatukäsite pystytään myös jakamaan suunnittelun, tuotannon, asiakas ja ympäristö laatuun.

Suunnittelussa hyvä laatu on sitä, että rakennushankkeen rakennustoimet ja suunnitelmat ovat tilaajan tarpeita ja toivomuksia vastaavia. Ne myös täyttävät viranomaisten ja hyvän rakennustavan asettamat vaatimukset. Suunnitelmat ovat toteutuskelpoisia sekä riittävän tarkkoja työmaan tarpeisiin. On myös erittäin olennaista, jotta suunnitelmat ottavat huomioon valmiin rakennuksen käytön ja rakennuksen elinkaaren sekä ovat myös rakenteellisesti turvallisia. (Rakennustöiden laatu 2017, 11.)

Tuotannon laatua on se, että rakentaminen tapahtuu suunnitellussa aikataulussa ja kustannustavoitteessa. Tuotannon laatuun liittyy olennaisesti myös se, että työ on tehty turvallisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Rakentamisessa käytetään kohteeseen soveltuvia työmenetelmiä, työ suoritetaan ilman häiriöitä sekä rakentamisessa käytetään hyviä ja oikeita materiaaleja. Kohteen turvallisuus pitää sisällään työntekijöiden, rakennuksen käyttäjien ja rakennustyön vaikutuspiirissä olevien turvallisuuden. Se, että lopputuloksen laatu vastaa tilaajan vaatimuksia on myös tärkeää, että yhteistyö hankkeen osapuolien kesken toimii ja tilaaja pidetään koko ajan tietoisena rakentamisen kulusta. Lisä- ja muutostöiden hallinta on myös osa asiakkaan kokemaa laatua. (Rakennustöiden laatu 2017, 11.)

Ympäristökeskeistä laatua rakentamisessa on toimet, joita käytetään täyttämään yhteiskunnan ja toimintaympäristön hankkeelle asettamat vaatimukset. (Rakennustöiden laatu 2017, 11.)

Lopputuotteen teknistä ja visuaalista laatua on helpompi arvioida kuin toiminnan laatua. Lopputuloksen tulee vastata suunnitteluasiakirjojen suunnitteluratkaisuja, laatuvaatimuksia ja hyvää rakennustapaa. Hankkeen laatua voidaan mitata työnaikeisten laatupoikkeamien ja -virheiden ja korjaustoimien määrällä, palautemittauksilla, lopputarkastuksen virheiden määrällä, työmaakohtaisilla laatumittareilla sekä työturvallisuutta TR-mittauksilla. (Rakennustöiden laatu 2017, 11.)

2.2 Työmaan tuotannonsuunnittelu

Työmaan tuotannonsuunnittelu on osa rakennusliikkeen laadunvarmistusta. Onnistunut tuotantosuunnittelu varmistaa hankkeelle asetetut tavoitteet sekä vaatimukset. Ennen varsinaisen työn aloittamista tuotannonsuunnittelua tarkennetaan ja suunnitellaan yksityiskohtaisesti yleissuunnitelmiin pohjautuen. Tämän on tarkoitus varmistaa tuotannon eteneminen suunnitellulla tavalla. Tuotannon ohjaus- ja toteutusvastuu annetaan osakokonaisuuksista vastaaville henkilöille. Yksittäisten tehtävien suunnittelussa pääpaino on lähinnä tehtävien aloitusedellytysten ja suorituksen varmistamisessa. Tämän tarkoituksena on häiriöiden ennalta ehkäiseminen sekä tuotantoon asetettujen tavoitteiden mukaan eteneminen. Mahdolliset tuotannon laatu-poikkeamat ehkäistään ennalta tai ne korjataan, jotta asiakkaalle luovutettava työ on virheetön sekä asiakirjojen sekä aikataulujen mukaiset. (Rakennustöiden laatu 2017, 16.)

2.3 Työmaan laatusuunnittelu

Ennen rakennushankkeissa laatua ja yrityksen toimintaa kuvattiin laatujärjestelmän ja laatusuunnitelmien kautta. Nykyaikana on siirrytty kokonaisvaltaisemman toiminnan kuvaamistapaan toimintajärjestelmien avulla. Rakennushanketta ja työmaan toimintatapoja pyritään avaamaan tarkemmin työmaan projektisuunnitelmassa ja

laatusuunnitelmat ovat lähinnä urakoitsijoiden toimesta tehtäväkohtaisella tasolla. (Rakennustöiden laatu 2017, 16.)

2.3.1 Työmaan projektisuunnitelma

Työmaan projektisuunnitelmassa esitellään työmaatoiminnan toimintatavat ja sopimusosapuolien toimet. Projektisuunnitelmaan kirjataan myös työmaan kokouskäytännöt sekä siinä sovitaan viestintätavoista eri tahojen kesken. Projekti kaikki dokumentointi- sekä arkistointitavat sovitaan yhtenäisiksi. Laadunvarmistus ja -ohjaus sekä riskien hallitseminen kuuluvat projektisuunnitelmaan. Projektisuunnitelmassa on käyty läpi tuotannonsuunnittelun perusasiat kustannusten, aikataulujen, laadun, työturvallisuuden sekä ympäristö ja aluesuunnittelun osalta. Projektisuunnitelmassa on myös hyvä tarkastaa rakennushankkeen lähtötiedot ja varmistaa ne. (Rakennustöiden laatu 2017, 16–17.)

Rakennustöiden laadun (2017,17) mukaan rakennustyömaan projektisuunnitelmassa selvitetään ja suunnitellaan seuraavia asioita:

- kohteen tiedot sekä projektisuunnitelman tavoite ja käyttö
- toteutuksen tukena järjestettävät kokoukset ja niiden sisältö
- sovitut viestintätavat
- asiakirjojen dokumentointi- ja arkistointitavat
- aikataulujen laadinnan, seurannan ja ohjauksen menettelytavat
- taloudellisen suunnittelun, seurannan ja ohjauksen menettelytavat
- yleisten ja teknisten, toiminnallisten ja hankintojen riskit kartoitetaan
- suunnitelmien, hankintojen sekä tuotannon laadunvarmistustoimet sekä laatupoikkeamien selvittämisen menetelmät
- tuotannon vaikutukset ympäristöön, riskien kartoittaminen ja niiden ehkäiseminen sekä varautuminen
- turvallisuusriskien kartoittaminen ja ehkäiseminen, turvallisuuden sekä ympäristösuojelun toteutustavat
- kohteen itselleluovutus sekä laadun todentaminen ja dokumentointi.

2.3.2 Urakoitsijan laatusuunnitelma

Urakoitsijan laatusuunnitelmassa on esitelty projektin organisaatio ja toimenkuvat. Aikataulu esitetään suunnitelmassa logistiikka huomioon ottaen. Laatusuunnitelmassa tulee myös olla esitettynä laadunvarmistustoimien toteutustapa sekä tehtävään olennaisesti liittyvät muut asiat. (Rakennustöiden laatu 2017,17.)

Rakennustöiden laadun (2017, 17) mukaan urakoitsijan laatusuunnitelman keskeiseen sisältöön kuuluvat:

- projektin organisaatio
- aikataulut
- materiaalien kuljetus sekä varastointi
- materiaalien hyväksyminen
- kokoukset
- töiden aloittaminen, työnmestojen hyväksyntä sekä siisteys
- tarkastukset ja testit
- töiden viimeistely sekä luovutus
- laskut ja maksuerät
- muutokset
- häiriöiden ja poikkeamien korjaaminen.

3 LÄMPÖKUVAUS

Lämpökuvaus on ainetta rikkomaton menetelmä, jolla voidaan arvioida rakennusten, rakenteiden ja rakennusmateriaalien toimivuutta, laatua ja kuntoa. Sitä voidaan käyttää yhtenä tutkimusmenetelmänä sekä uudisrakennusten laadunvalvontamittauksissa, että vanhojen rakennusten kuntotutkimuksissa. (Paloniitty, Paloniitty & Haimilahti. 2016, takakansi.)

3.1 Yleistä

Pintalämpötilojen mittaaminen lämpökameralla perustuu pinnan emittoimaan lämpösäteilyyn. Kaikki materiaalien pinnat lähettävät lämpösäteilyä, jonka voimakkuus riippuu pinnan lämpötilasta sekä pinnan emissiokertoimesta. Materiaalinpinnan emissiokerroin voi olla 0–1. Luvulla tarkoitetaan pinnan kykyä säteillä infrapunaenergiaa suhteessa täydelliseen säteilijään, mustakappaleeseen. Mustakappaleen emissiokerroin on 1. Mikäli kerroin on alhainen 0–0,5, tällöin pinta on heijastava ja kiiltävä. Tästä johtuen suuri osa kiiltävien ja heijastavien pintojen lämpösäteilystä saattaa olla ulkopuolisten lämmönlähteiden ja pintojen heijastuksia. Materiaalin emissiivisyyteen vaikuttavat: materiaali, kuvauskulma, säteilyn aallonpituus sekä pintalämpötila. (Paloniitty ym. 2016, 16–17)

Metallit ovat tyypillisiä rakennusmateriaaleja, joiden pintalämpötilaa on vaikea selvittää lämpökameralla heijastuksen ja kiiltävyyden takia. Lasipinnat ovat myös haastavia, koska niiden pinnan emissiivisyys vaihtelee eri aallonpituusalueella. Kuvattaessa lasipintaa saattaa kuvaajasta heijastua tasoheijastusta, joka vääristää pintalämpötilaa. Pintoihin, joiden emissiivisyys vaihtelee tai on matala tulisi kiinnittää palamusta teippiä, jotta saataisiin luotettava tulos lämpötilasta. Useimmiten rakennusmateriaalien emissiokertoimet ovat lähellä arvoa 1, tyypillisesti 0,85–0,95. Suomen olosuhteissa saadaan käytännön kuvauksissa riittävän tarkkoja pintalämpötietoja. (Paloniitty ym. 2016, 16–17.) Seuraavassa taulukossa (1) esitellään tyypillisimpien rakennusmateriaalien keskimääräisiä emissiokertoimia.

Taulukko 1. Tyypillisimpien rakennusmateriaalien keskimääräisiä emissiokertoimia +20 °C:n lämpötilassa (Paloniitty ym. 2016, 18).

Materiaali	Emissiivisyys 2-5µm	
	min	max
Alumiini	0,04	0,97
Betoni	0,95	0,97
Kuitulevy huokoinen		0,85
Kuitulevy kovalevy		0,75
Lastulevy		0,90
Laasti	0,87	0,94
Lakkipinta		0,93
Maalipinta	0,88	0,96
Maaperä		0,92
Muovimatto		0,94
Muovilaminaatti		0,94
Paperi	0,70	0,90
Puu	0,70	0,98
Puuvaneri		0,82
Kipsilevy käsittelemätön		0,90
Rappauspinta	0,85	0,95
Tapetti		0,90
Tervapaperi	0,93	0,95
Tiilimuuraus		0,94

Lämpökamerat mittaavat tutkittavasta pinnasta tullutta infrapuna-alueen kokonaissäteilyä, johon sisältyvät myös pinnasta heijastunut säteily sekä joissakin tapauksissa pinnan läpi tullut säteily. (Paloniitty ym. 2016, 16)

Lämpökuvauksella pystytään selvittämään rakennuksista monenlaisia asioita: materiaalien ominaisuuksia, rakenteiden lämpötekniistä toimivuutta, kosteusvaurioita, talotekniikan mahdollisia vikoja ja puutteita sekä rakennusten lämpöolosuhteita ja lämpöviihtyvyyttä. Useimmiten tarve lämpökuvaukseen löytyy energiakustannusten pienentämisestä, käyttäjien valituksista tai havaituista vaurioista tai kuten tässä työssä; halusta selvittää rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen toimivuus. (Paloniitty ym. 2016, 11.)

3.2 Lämpökuvauksen hyödyntäminen ja käyttö rakentamisessa

Rakentamisen laadusta sekä rakenteiden toiminnasta saadaan tietoa käyttämällä erilaisia mittausmenetelmiä. Lämpökuvaus on onnistuessaan ja oikein tehtynä puolueeton ja melko tarkka mittausmenetelmä. Rakenteita rikkomatta sillä voidaan määrittää lämpövuotokohtia sekä havaita virheitä ja puutteellisuuksia eristyksessä. Lämpökuvaus on myös hyvä keino havaita mahdolliset ilmavuodot, kylmäsililat ja joissakin tapauksissa myös kosteusvaurio. (Paloniitty ym. 2016, 31)

Lämpökuvausta voidaan käyttää myös muiden kuin rakenteellisten asioiden tutkimiseen. Näitä ovat sähkökeskukset, sähköjohtojen sijainti sekä niiden kuormitus, lämmityslaitteet sekä sen järjestelmät ja osat, ilmanvaihto ja sen toiminta, vesijohdot sekä mahdolliset vesivuodot ja lämmitysputkistojen sijainti. (Paloniitty ym. 2016, 31.)

3.3 Rakenteiden pintalämpötilat ja niiden lämpökuvaus

Lämpökuvauksen käyttö rakenteiden pintalämpötilojen selvittämisessä on yleistynyt. Pintalämpötiloja kuvataan usein laadunvarmistustoimenpiteenä. Mahdolliset ilmavuodot rakenteessa pystytään havaitsemaan lämpökuvauksella. Rakennuksia voidaan kuvata sekä ulko- että sisäpuolelta, useimmiten kuvaus suoritetaan sisäpuolelta. (Paloniitty ym. 2016, 32)

Rakenteet eivät milloinkaan ole tasalämpöisiä. Lisäksi kaikki pintalämpötilojen havaitut epäsäännöllisyydet eivät kerro, että rakenteessa tai eristeessä olisi kuvauskohdalla puutteita tai virheitä. Rakenteissa on myös kylmäsiltoja, jotka aiheuttavat pintalämpötilan laskua. Tyypillisimpiä kylmäsiltoja ovat ulkonurkat ja lattianrajat. Rakenteiden liitoskohdissa on suoraa seinää suuremmat pintavastukset, jotka alentavat rakenteen pintalämpötilaa.

Sisäpuolisessa lämpökuvauksessa kohteen nurkat, katon ja lattian liitokset seiniin ja läpiviennit ovat aina hieman ympäristöään kylmempiä. (Paloniitty ym. 2016, 32)

Paloniityn ym. (2016, 37) mukaan rakenteiden pintalämpötiloihin vaikuttavat:

- ulkovaipan rakenteet
- lämmitysjärjestelmä
- ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus
- sääolosuhteet ja niiden vaihtelut
- sisäiset kuormat.

Nämä tekijät tulee ottaa huomioon tapauskohtaisesti.

3.3.1 Kylmäsillat

Kylmäsillat aiheuttavat rakennuksissa lämpövuotoja. Yleisimpiä kylmäsilloja ovat läpivientien kohdat sekä puutteellisen eristyksen aiheuttamat kylmäsillat. Lisäksi kuten edellä on mainittu, myös ulkonurkat ja lattianrajat ovat tyypillisiä kylmäsilloja. Ympäristöään selvästi pienemmät pintalämpötilat voivat johtua kylmäsillojen aiheuttamasta lämpövuodosta. (Paloniitty ym. 2016, 32, 37–38.)

3.3.2 Ilmavuodot

Lämpökuvauksella ilmavuotoja etsittäessä tulee ymmärtää rakennuksessa vallitsevia painesuhteita. Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmä, savupiippuvaikutus sekä tuuli. Ylipaineen vallitessa ilma pyrkii tunkeutumaan rakenteiden läpi ulos ja alipaineen vallitessa ulkoilma pyrkii tunkeutumaan rakenteiden sisään. Ilmavuotoihin vaikuttavat höyrynsulun ja ilmansulun tiiveys. Myös mahdolliset tuulensuojalevyn tai -eristeen vuotokohdat jäädyttävät eristekerrosta. Tyypilliset ilmavuotopaikat sisäpuolen kuvausta tehtäessä ovat seinien ja lattian liittymäkohdat, ikkunat ja ovet sekä niiden liittyminen rakenteeseen, pistorasiat, katon ja seinien liitoskohdat ja läpiviennit. (Paloniitty ym. 2016, 38–39.)

3.3.3 Eristepuutteet ja eristeviat

Eristeiden puuttuminen rakenteesta ilmenee lämpökuvauksessa suoraviivaisena poikkeamana. Lämmöneristeen puuttuminen ja puutteet näkyvät usein

selvärajaisina sekä lämpötilapoikkeamat ovat useimmiten kohtuullisen suuria. Nämä poikkeamat ovat kuitenkin pienempiä kuin ilmavuodoissa. Lämpökameralla on haastavaa huomata pieniä puutteita eristeissä, esimerkiksi eristeen ja rungon välistä pientä rakoa. (Paloniitty ym. 2016, 42.)

3.4 Lämpökuvaus uudisrakentamisessa

Lämpökuvaus on ainut tutkimusmenetelmä, jolla voidaan riittävällä tarkkuudella ja nopeudella määrittää rakennuksen vaipan lämpötekniinen kunto. Uudisrakentamisessa lämpökuvaus on parhaimmillaan urakoitsijan laadunvarmistustyökaluna. Lämpökuvauksen avulla pystytään havainnoimaan vaipan viat ja puutteet, joiden korjaaminen rakennusvaiheessa on helpompaa ja edullisempaa kuin luovutetussa kohteessa. Rakennusvaiheen aikana lämpökuvauksen avulla huomautet mahdolliset virheet ja puutteet vähentävät kohteen vuosikorjausten ja takuutöiden määrää.

Rakennusvaiheen aikaisten kuvasten ongelmana on usein se, ajoittuuko työmaa aikataulullisesti kylmälle vuodenajalle, jolloin saadaan luotettavimmat tulokset kuvauksista suuren lämpötilaeron turvin. (Paloniitty ym. 2016, 53)

Paloniityn ym. (2016, 53) mukaan uudisrakentamisen laadunvalvonnassa tulee erityisesti kiinnittää huomiota seuraaviin ulkovaipan kohtiin:

- 1- lehtisen parvekeoven tiivistykset
- parvekeovien karmin ja kynnyksen tiivistykset
- nurkkaikkunoiden tiivistykset
- lattian ja seinän liitokset, erityisesti ensimmäinen kerros
- ulkoseinien alaosissa olevat pistorasiat
- ulkovaipan läpi menevien rakenteiden liittymät esimerkiksi pilarit ja palkit
- liittymäkohdat, joista puuttuvat ilmansulkulimitykset
- sokkelin ja seinän liitokset
- yläpohjan ilmansulun läpiviennit ja aukot
- rakenteiden läpi menevät tukirakenteet.

3.5 Lämpökuvauksen suorittaminen

Kuten aiemmin on mainittu, lämpökuvauksella laadunvalvonnassa on tarkoitus määrittää rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus sekä rakenteellinen tiiviys. (Paloniitty ym. 2016, 66)

Lämpökuvaajan tulee selvittää ja kirjata olosuhdetiedot sekä rakennuksen tiedot ennen kuvauksen aloittamista lämpökuvaajan kenttätyölomakkeeseen. Nämä tiedot liitetään mittausraporttiin.

Ennen lämpökuvauksen aloittamista tulee lämpökameran asetukset tarkastaa ja säätää. Kameran kalibrointi tulee tarkastaa ennen lämpökuvauksen aloittamista sekä kuvauksen päätyttyä, eli lämpökameran mittaamaa lämpötilaa verrataan samasta pisteestä tunnettuun lämpötilaan. Lämpökuvauksessa kuvausetaisyys ovat sisäkuvauksessa 2–4 metriä ja ulkokuvauksessa alle 10 metriä.

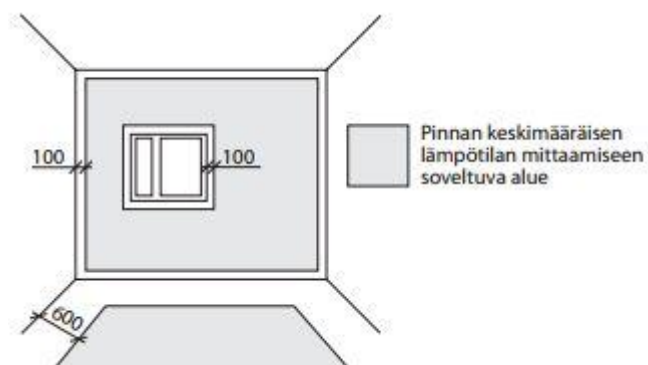
Kuvauksessa tulee noudattaa säännöllisyyttä, esimerkiksi koko rakennus kuvataan vastapäivään sekä jokainen huone kuvataan myös vastapäivään. Sisäpuolen kuvaus kohdistetaan useimmiten ulkovaippaan. On kuitenkin hyvä kuvata esimerkiksi märkätilojen rakenteita ja täten etsiä mahdollisia kosteusvaurioita, myös kantavien rakenteiden liitoskohdat sekä talotekniikan läpivientien kohdat on hyvä kuvata, jolloin näiden toiminnasta ja kunnosta saadaan tietoa.

Kuvauskohdat tulee merkata pohjapiirrokseen kuvan numerolla sekä nuolella. Kuvat otetaan oikeastaan aina kohtisuoraan, mutta on hyvä joissakin kohdissa vaihtaa kulmaa, koska sillä pystytään sulkemaan heijastuksen vaikutuksia.

Lämpökuvat tallennetaan havaituista poikkeavista pintalämpötiloista silloin, kun epäillään rakenteen lämpötekniistä toimintaa. Kuvattaessa kannattaa käyttää ennalta asetettua lämpötila-asteikon alarajaa, tällöin poikkeamat pystytään havaitsemaan helpommin ja selkeästi. Tässä on kuitenkin vaarana, että pienet lämpötila-poikkeamat voi jäädä huomaamatta, mikäli lämpötila-asteikko on liian suuri. Tämä voi vaikuttaa kosteusvaurioiden havainnointiin. (RT 14–11239, 2016, 4-5)

3.5.1 Keskimääräisen ja pistemäisen lämpötilan määrittäminen

Keskimääräinen lämpötila seinärakenteesta määritetään lämpökameran aluemitauustyökalun avulla siten, että seinien ulkoreunoilta jätetään 100 mm levyinen alue pois sekä mahdolliset aukot ja aukkojen ympäriltä 100 mm levyinen alue pois. Lämpötila tulee ilmoittaa 0,1 °C:n tarkkuudella. Lattiarakenteen keskimääräinen pintalämpötila määritetään samoin kuin seinärakenteen mutta siinä lattian ulkoreunoilta jätetään 600 mm levyinen alue pois laskuista. Pintalämpötilaa raportoidessa tulee ulko- sekä sisälämpötilat pyöristää 0,5 °C:n tarkkuudella.



Kuva 1. Lattian ja seinän keskimääräinen pintalämpötilan määrittäminen voidaan tehdä kuvassa osoitetulla rasteroidulla alueella.
(RT 14 – 11239)

Pistemäinen lämpötila mitataan lämpökameralla 2 – 4 metrin etäisyydeltä kuvattavasta rakenteesta. Mittaustyökaluna käytetään lämpökameran aluetyökalun minimiä. Pistemäisen lämpötilan voi myös määrittää alle 15 mm kosketuslämpömittarilla. Pistemäinen lämpötila tulee ilmoittaa 0,1 °C tarkkuudella. (RT 14-11239, 2016, 4)

3.5.2 Erityiskohteiden lämpökuvaus

Erityiskohteilla tarkoitetaan uimahalleja ja teollisuusrakennuksia. Näissä erityiskohteissa lämpökuvaus voidaan suorittaa kaksivaiheisena, joissa ensimmäisessä kuvauksessa toiminta on normaalissa käyttötilassa tai kytkettynä pois päältä. Toinen lämpökuvaus suoritetaan alipaineessa, jonka tulee olla minimissään 20 Pa suurempi mutta korkeintaan 50 Pa suurempi. Mittauksen tarkoituksena on erottaa kylmäsillat ilmanvuotokohdista sekä löytää ilmanvuotokohdat. Tehostetussa

alipaineessa tehtävää kuvausta kutsutaan ilmapuotojen paikannukseksi. (RT 14-11239, 2016, 4)

3.5.3 Lämpökuvaussuunnitelma

Ennen lämpökuvauksen suorittamista lämpökuvaajan tulee tehdä tutkimussuunnitelma. Suunnitelmassa esitetään:

- yhteisesti sovitut tavoitteet. Näitä tavoitteita voivat olla esimerkiksi laadunvalvonta ja korjaustöiden ennakkoselvitys
- kuvattavat rakenteet ja rakennusosat
- tutkimusajankohta, tämä perustuu sääolosuhteiden ennustuksiin.

Suunnitelmaa täydennetään tutkimuspäivän alussa, koska silloin kaikki olosuhteet, kuten sisä- ja ulkolämpötila, tutkittavien tilojen paine-erot, tuulen suunta sekä voimakkuus on tutkittu ja tiedossa. Alipaineisissa tiloissa voidaan havaita ilmapuodot sisäkuvauksessa sekä ylipaineisissa tiloissa ilmapuotoja voidaan havaita ulkopuoliossa- ja ullakkokuvauksissa. (RT 14-11239, 2016, 2)

3.5.4 Mittalaitteet

Kohteen lämpökuvauksessa käytettävän lämpökameran pitää olla mittaava, tasapainotettu ja kuvantava mittauslaite. Tällä tarkoitetaan sitä, että kameran tulee muodostaa kuvattavasta kohteesta lämpökuva, joka esittää kuvattavan kohteen pintalämpötilajakauman. Kamerassa on oltava myös kuvien tallennusmahdollisuus raportointia, analysointia sekä tulosten jälkikäsitteilyä varten. Kamera, jossa ei ole jälkikäsitteily- ja analysointi-mahdollisuutta, pystytään käyttämään rakennusaikaiseen laadunvarmistukseen.

Rakennuksen sisälämpötila sekä kosteus mitataan elektronisella kalibroidulla mittalaitteella. Ulkolämpötila selvitetään elektronisella kalibroidulla mittalaitteella. Rakennuksen paine-ero selvitetään elektronisella paine-eromittarilla, paine-eromittarin tarkkuus tulee olla vähintään 1 Pascalia. Paine-erot tulee mittauksen yhteydessä

selvittää jokaisesta kerroksesta. Ulkoilman olosuhteet ennen ja jälkeen kuvauksen tulee selvittää kohteessa. Ulkoilmasta tulee olla tiedossa lämpötila, tuulen voimakkuus, tuulen suunta ja pilvisuus. (Paloniitty ym. 2016, 66–67.)

3.5.5 Mittausolosuhteet

RT 14-11239 (2016, 3-4) mukaan valmiiden rakenteiden lämpötekniistä toimintaa tarkastettaessa edellytetään tiettyjä kuvausolosuhteita. Huonelämpötilan ja ulkolämpötilan eron vähimmäisvaatimuksina ovat

- ilmapuotojen paikannusmittauksen yhteydessä 5 °C tehostetussa alipaineessa -50 Pa (lämpökameran erottelukyky enintään 0,1 °C ja resoluutio vähintään 19000 pikseliä)
- rakennuksen laadunvalvontalämpökuvauksessa 10 °C (lämpökameran erottelukyky enintään 0,03 °C sekä resoluutio vähintään 70000 pikseliä)
- rakennuksen laadunvalvontalämpökuvauksessa 15 °C (lämpökameran erottelukyky enintään 0,05 °C ja resoluutio vähintään 30000 pikseliä)
- tuulen nopeus kuvauksen aikana korkeintaan 10 m/s
- rakennuksen sisällä vallitseva alipaine -0...-5 Pa, kuitenkin enintään -15 Pa
- kevyitä rakenteita ei ole aurinko saanut lämmittää edelliseen 12 tuntiin
- betoni-, tiili- ja siporex-rakenteita ei aurinko ole saanut lämmittää edelliseen 24 tuntiin.

Näiden lisäksi tulee myös ottaa huomioon mahdolliset säätilan muutokset kuvauksen aikana. Mahdolliset lämpötilavaihtelut tulee kirjata mittausraporttiin sekä ne tulee huomioida kuvausten tulkinnessa, mikäli ulkolämpötila muuttuu yli 5 °C ja huonelämpötila yli 2 °C mittausten aikana.

Valmistusvaiheessa olevan rakennuksen urakoitsijan laadunvalvontaan liittyvässä lämpökuvauksessa kuvaus voidaan toteuttaa yksilöidyllä tavalla, kunhan mahdolliset lämpötekniset puutteet rakenteissa saadaan selville. Urakoitsijan laadunvalvontaan liittyvissä mittauksissa olosuhde-, mittauslaite- ja pätevyysvaatimukset eivät ole velvoittavia. (RT 14–11239, 2016, 4)

3.6 Lämpöviihtyvyys

Ihmisen kokema lämpöaistimus perustuu kolmeen päätekijään sekä niiden aiheuttamaan yhteisvaikutukseen: ilman lämpötilaan, ilman liikkeeseen ja operatiiviseen lämpötilaan. Näihin oleskelutiloissa vallitseviin tekijöihin vaikuttavat rakennuksen ja rakennuksen talotekniikan tekijät, joita ovat lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihto sekä rakennuksen vaippa. (Paloniitty ym. 2016, 59.)

3.6.1 Sisätilojen lämpöolot

Paloniitty ym. (2016, 59) toteavat, että rakennuksen sisälämpötiloihin vaikuttavat monet rakenteelliset ja toiminnalliset tekijät:

- seinien eristystaso sekä kylmäsiilat
- höyrynsulun tiiviys
- tuulensuojan kunto
- iv-järjestelmän toimivuus sekä painesuhteet
- lämmitysjärjestelmän toiminta
- tilojen käyttö sekä sisätilojen kosteuskuormitus
- rakennuksen sisäiset lämpö- ja kylmälähteet.

Rakenteiden kylmät sisäpinnat aiheuttavat säteilyvetoa ja sitä usein pyritään kompensoimaan nostamalla sisälämpötilaa. Sisälämpötilaa nostetaan usein myös mikäli rakenteissa esiintyy ilmavuotoja. (Paloniitty ym. 2016, 59)

Matalat pintalämpötilat, vedontunne sekä alentunut viihtyvyys huonetiloissa voivat johtua edellä mainituista tekijöistä, joten Paloniitty ym. (2016, 59) toteavatkin, että niihin olisi hyvä löytää ratkaisu mahdollisimman kokonaisvaltaisella selvityksellä.

Paloniityn ym. (2016, 59) mukaan alentuneeseen lämpöviihtyvyyteen vaikuttavat

- paikallinen eristystaso ja suuri ikkuna-pinta-ala
- rakenteiden tiiviys
- iv-järjestelmän tyyppi, tasapainotus ja säädöt
- lämmitysjärjestelmän säädöt, mitoitus ja patterien koko

- sisäiset kuormat (valaistus, sähkölaitteet).

Ikkunoiden puitteet, lasiosat ja ikkunoita ympäröivät rakenteet voivat olla kylmiä. Paloniityn ym. (2016, 60) tämä johtuu useimmiten

- puutteellisesta ikkunoiden tiivistyksestä
- puitteiden ja seinärakenteiden välisestä puutteellisesta tiivistyksestä
- rakenteellisista kylmäsilloista (palkit, roilotukset)
- ikkunan kapeasta karmirakenteesta ja puitteiden lämmönjohtavuudesta
- estetystä patterikonvektiosta (ikkunapenkin tuuletusraot tukittu)
- väärin säädetyistä lämmityksestä
- liian pienestä patteritehosta
- väärin säädetyistä ilmastointijärjestelmästä (turhan suuri alipaine).

Useimmiten lämpötilan alentuminen johtuu suuresta ikkunapinta-alasta, erityisesti lattiasta kattoon asti olevista ikkunoista, jotka ovat 90 °:n kulmassa toisiinsa nähden, tällaisia ovat esimerkiksi kulmaikkunat. Ikkunapintoja pitkin alas virtaava sekä lattian suuntaisesti kääntyvä kylmä ilma saattaa aiheuttaa vetoa ja jota matala ikkunanlämpötila suurentaa, varsinkin jos samassa tilassa on varaava lattialämmitys, huonetilan huonekorkeus normaalia korkeampi sekä ikkunoiden U-arvo on matala. (Paloniitty ym. 2016, 60)

3.6.2 Asumisterveysasetus

Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisi huhtikuussa 2015 asumisterveysasetuksen. Asumisterveysasetus korvaa 2003 ilmestyneen asumisterveysohjeen. Asumisterveysasetuksessa otetaan kantaa lämpöoloihin sekä paine-eron merkitykseen toimenpiderajoja arvioitaessa selkeämmin kuin edeltävässä asumisterveysohjeessa. Asumisterveysasetuksen 3:n pykälän määräykset ohjaavat käsittelemään jo- kaista tilannetta kokonaisuutena. Toimenpiteiden arvioinnissa on kyseessä olevien ongelmien lisäksi otettava huomioon toimenpiteistä sekä korjauksista aiheutuvat ris- kit ja niihin tarvittavat resurssit. (Paloniitty ym. 2016, 61)

Paloniitty ym. (2016, 61) mukaan on hyvä muistaa mitä toimenpiderajoista asumisterveysasetuksessa sanotaan:

1 § Soveltamisala

Tätä asetusta sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla tehtävään asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Tämän asetuksen fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia altistumistekijöitä koskevia vaatimuksia ja niiden toimenpiderajoja sovelletaan tehtäessä terveydensuojelulain 27 tai 51 §:ssä tarkoitettuja päätöksiä ja määräyksiä. (A.23.4.2015/545)

3 § Asunnon ja muun oleskelutilan fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia tekijöitä koskevat yleiset arviointiperusteet

Terveyshaitta on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttää altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät. (A.23.4.2015/545.)

Sovellettaessa tässä asetuksessa tarkoitettuja fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia tekijöitä koskevia vaatimuksia tavanomaisesta poikkeavissa oloissa, kuten rakennuksen tai sen osan korjauksen tai muutostyön aikana, on otettava huomioon erityisesti altistuksen kesto ja mahdollisen terveyshaitan toteutumisen riski. (A.23.4.2015/545.)

On kuitenkin myös hyvä muistaa, mitä asetuksen 6. §:ssä sanotaan lämpötilasta sekä ilman virtausnopeuksista.

6 § Lämpötila ja ilman virtausnopeus

Huoneilman lämpötila voidaan mitata oleskeluvyöhykkeeltä sen mukaan, mikä on tarpeen terveyshaitan selvittämiseksi. Huoneilman lämpötila mitataan noin 1,1 metrin korkeudelta.

Lämpötilojen tulee täyttää tämän asetuksen mukaiset toimenpiderajat. Toimenpiderajoja sovelletaan asunnossa vain asuinhuoneiden lämpötilojen terveellisyyden arviointiin. Lämpötilat eivät saa aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä.

Ilman virtausnopeus ei saa ylittää asetuksen vetokäyrän mukaista virtausnopeutta. (A.23.4.2015/545.)

3.6.3 Fysikaaliset olot

Asunnon sekä muiden oleskelutilojen terveellisyys-vaikuttavat kemialliset epäpuhtaudet sekä fysikaaliset olot. Fysikaalisiin oloihin lukeutuvat sisäilman lämpötila, kosteus, melu, ilmanvaihto ja ilman laatu sekä säteily ja valaistusolosuhteet. Mikäli huoneilman lämpötila on korkea, huoneilma kostea tai huonetilassa on liiallinen ilmanvaihto aiheuttamassa vetoa, saattaa käyttäjälle aiheutua tästä terveydellistä haittaa, oireilua tai kokee olonsa epäviihtyisäksi. Kaikkia sisäilman fysikaalisten ominaisuuksien vaikutuksia ihmiseen ei vielä tunneta. (Paloniitty ym. 2016, 61–62.)

3.6.4 Huonetilan lämpöolot ja virtausnopeus

Huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus vaikuttavat ihmisen kokemaan lämpöaistimukseen. Huonetilan lämpöolot ovat suoraan yhteydessä viihtyvyyteen. Pitkään kestänyt veto sekä viileys saattavat aiheuttaa haittaa ihmisen terveydelle. Mikäli ilmassa oleva kosteus tiivistyy pistemäisesti rakenteiden kylmälle pinnalle, tällöin kosteusvaurioiden riski suurentuu. Kylmät pesutilat pienentävät asumisviihtyvyyttä sekä lisäävät rakenteiden kosteusrasitusta, mikä voi johtaa mikrobikasvuston kasvamiseen. (Paloniitty ym. 2016, 62.)

Liian alhaisesta lattian pintalämpötilasta saattaa olla lapsille sekä aikuisillekin haittaa. Haitan suuruuteen vaikuttavat lattiamateriaalin lämmönjohtavuus, kylmät lattian suuntaiset ilmavirtaukset, oleskeluaika huonetilassa sekä henkilöiden vaatetus. (Paloniitty ym. 2016, 62.)

Yleensä viileät seinä- sekä kattopinnat eivät aiheuta haittaa terveydelle, mikäli taulukossa esitetty välttävät arvot eivät alitu. Suuremmat lämpötilaerot isoilla seinäpinoilla kuitenkin saattavat aiheuttaa lämpösäteilyn epäsymmetrisyyttä. Se puolestaan vähentää viihtyvyyttä ja pitkään jatkuessa se saattaa aiheuttaa haittaa terveydelle. Huoneilman ollessa lämmityskaudella liian lämpöistä se saattaa lisätä väsymystä ja hengitysteiden oireilua. Turhan korkea huonelämpötila saattaa myös kiihdyttää kaasumaisten epäpuhtauksien vapautumista lähteistään. (Paloniitty 2016, 63), (Asumisterveysasetus 2015) Seuraavassa taulukossa (2) esitetään asumisterveysasetuksen 2015 lämpötilojen toimenpiderajat.

Taulukko 2. Lämpötilojen toimenpiderajat
(Asumisterveysasetus 2015)

	Lämpötilojen toimenpiderajat	Lämpötilaindeksi TI
Asunnossa		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C	87
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61
Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C	92
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61

Pintalämpötiloja arvioidaan lämpötilaindeksiä käyttämällä silloin, kun lämpötiloja ei voida mitata -5 °C ± 1 °C:n ulkolämpötilassa ja + 21 °C ± 1 °C sisälämpötilassa. Lämpötilaindeksiä käytettäessä on rakennuksen alipaineisuus otettava huomioon, kun keskimääräinen alipaineisuus ylittää 5 Pa.

3.6.5 Lämpötilaindeksi

Lämpötilaindeksillä pystytään arvioimaan rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Lämpötilaindeksin TI määrittäminen:

$$TI = \frac{(T_{sp} - T_o)}{(T_i - T_o)} \times 100[\%], \quad (1)$$

missä

T_{sp} = Sisäpinnan lämpötila, °C

T_i = Sisäilman lämpötila, °C

T_o = Ulkoilman lämpötila, °C

Lämpötilaindeksin määrittämiseksi tulee selvittää huoneilman lämpötila, ulkoilman lämpötila sekä sisäpinnan lämpötila.

Seuraavassa taulukossa (3) on esitelty lämpötilaindeksin käyttöä, soveltuvuutta sekä raja-arvot.

Taulukko 3. Lämpötilaindeksin käyttö.
(RT 14-11239, 2016, 5)

Vallitseva paine-ero	Lämpötilaindeksin käyttö	Soveltuvuus	Raja-arvot
Ylipaine	Lasketaan lämpötilaindeksi	Ei havaita ilmavuotoja	Ei raja-arvoja
0 Pa		Laadunvalvonta	Asumisterveysasetus
-5 Pa			
-6 Pa	Lasketaan paine-ero korjattu lämpötilaindeksi	Laadunvalvonta	Asumisterveysasetus/ Valviran ohje
-15 Pa			
-16 Pa			
-90 Pa	Ei ilmoiteta lämpötilaindeksiä	Ilmavuotojen paikannus	Ei raja-arvoja

Taulukossa (4) on esitetty alipaineen vaikutusta sekä sen aiheuttamaa korjaustarvetta mitattuun pistemäiseen lämpötilaindeksiin.

Taulukko 4. Rakennuksessa mitatun alipaineen vaikutus mitattuun pistemäiseen lämpötilaindeksiin.
(A.23.4.2015/545)

Mitattu alipaine rakennuksessa (Pa)	Korjaus mitattuun pistemäiseen lämpötilaindeksiin
0-5	
6	+ 0,5
7	+ 1,0
8	+ 1,5
9	+ 2,0
10	+ 2,5
11	+ 3,0
12	+ 3,5
13	+ 4,0
14	+ 4,5
15	+ 5,0

Lämpötilaindeksin korjausluokat:

- Korjausluokka 1: Korjaus on suositeltavaa. Rakenteessa on rakennusvirhe, eristevika, kosteusvaurio tai ilmavuoto. Lämpötilaindeksi selkeästi <61%
- Korjausluokka 2: Korjaus on harkinnanvarainen. Rakenteessa lievä vika. Lämpötilaindeksi lähellä toimenpiderajaa 58 – 64%

- Korjausluokka 3: Lisätutkimustarve. Rakenteessa poikkeama, joka vaatii lisäselvitystä.
- Korjausluokka 4: Ei korjaustarvetta. lämpötilaindeksin taso selkeästi yli 64 %.

3.6.6 Lämpötilan ja vedon mittaaminen

Paloniitty ym. (2016, 64) toteavat, että lämpötila on järkevää mitata silloin, kun mahdollinen haitta pystytään havaitsemaan riittävällä tarkkuudella. Mittaus on hyvä suorittaa kylmänä vuodenaikana, jolloin ulkolämpötila on alle -5 °C:n tai tuulennopeuden ollessa yli 5–10 m/s.

Vetoa on hyvä mitata tuulisella säällä sekä mahdollisesti sellaisen tuulen vallitessa, jolloin veto on todennäköisintä. On hyvä kuitenkin välttää tekemästä vedon mittauksia poikkeuksellisen kylmänä tai tuulisena aikana vuodenaika sekä paikkakunta huomioiden.

Mittausten aikana asunnon lämmityksen ja ilmanvaihdon tulisi olla samanlaisessa tilassa kuin normaalissa käyttötilanteessa. Ennen mittausten aloittamista tulee varmistaa, jotta sisälämpötila on ollut riittävän tasainen sekä pintalämpötiloja mitattaessa on otettu huomioon mahdolliset ulkolämpötilan vaihtelut. Ikkunatuuletusta olisi hyvä välttää 4–6 tuntia ennen mittauksia ja mittausten aikana ei saa tuulettaa ollenkaan. Henkilöiden lukumäärä mittaustilassa on merkittävä pöytäkirjaan. Mittalaitteiden tulee olla kalibroituja sekä kalibroinnin on oltava voimassa mittauksia suoritettaessa. Mittauksissa käytettyjen mittalaitteiden tyyppi- sekä kalibrointitiedot tulee esittää mittauspöytäkirjassa. (Paloniitty ym. 2016, 64.)

3.6.7 Mittausstandardit sekä mittalaitteet

Huoneilman lämpötilan lämpötila mitataan oleskeluvyöhykkeeltä sen mukaan, mikä on tarpeellista mahdollisen terveyshaitan selvittämiseksi. Huonelämpötila mitataan 1,1 metrin korkeudelta. Ilman operatiivinen lämpötila mitataan pallo-, kuutio- tai ellipsilämpömittarilla. Pintalämpötilaa mitattaessa voidaan käyttää lämpökameraa,

infrapunälämpömittaria tai kosketuslämpötilamittaria. Pintalämpötiloja mitattaessa tulee mittaajan tietää käytettävien mittalaitteiden käyttöedellytykset esimerkiksi emissiokertoimen asetus. Mittalaitteen siirtäminen kylmästä lämpöiseen ja toisinpäin saattaa aiheuttaa virheen mittaustulokseen, mikäli mittalaitteen ei ole annettu tasaantua uudessa lämpötilassa.

Tutkittava rakenne voidaan lämpökuvata sekä tavanomaisessa käyttötilanteessa että tavanomaista käyttötilannetta isommassa alipaineessa. Suurta alipainetta hyväksi käyttäen pystytään ilmanvuotokohdat löytämään vertaamalla lämpökuvia normaalin käyttötilanteen tuloksiin. (Paloniitty ym. 2016, 64–65.)

4 TUTKIMUSKOHTTEEN LÄMPÖKUVAUS

Tutkimuksen kuvaukset suoritettiin 5.3.2018 klo 7.00 – 11.00. 1 kerroksen kuvausten aikana ulkolämpötila oli -11 C°, tuulen nopeus 2 m/s, huonelämpötila vaihteli 14 C° ja 20 C° välillä sekä 1 kerroksessa vallitsi 6,6 Pa:n alipaine. 2 kerroksen kuvauksien aikana ulkolämpötila oli -10 C°, tuulen nopeus 3 m/s, huonelämpötila 17 C° sekä 2 kerroksessa vallitsi 1,7 Pa:n alipaine. Ullakkokerrosta kuvattaessa ulkolämpötila oli -10 C°, sisälämpötila 17 C°, tuulen nopeus 3 m/s sekä ullakkokerroksessa vallitsi 1,8 Pa:n ylipaine. Kuvaus tehtiin rakennuksen sisäpuolelta tarkoituksena tarkastaa rakennuksen ulkovaipan rakennetekninen toiminta sekä tarkastaa tuotettua laatua.

4.1 Kuvauskohde ja käytetyt mittalaitteet

Kuvauskohteena tutkimuksessa oli Lujatalo Oy:n rakentama Seinäjoen Vapaaseurakunnan uudisrakennus, rakentaminen on sisävalmistusvaiheessa.

Mittalaitteina käytettiin tutkimukseen soveltuvia ja kalibroituja laitteita. TSI Airflow TA460 monitoimimittari tutkimukseen lainattiin SeAMK:n laboratoriolta ja Flir E6 lämpökamera oli tarjota Lujatalolta entuudestaan.

4.1.1 Flir E6- lämpökamera

Flir E6 kuuluu Flir Ex -sarjaan. Ex -sarjan lämpökamerat ovat perustasolle soveltuvia lämpökameroita, niiden optiikkaa ei tarvitse tarkentaa erikseen eri etäisyyksille. E6-kamerassa lämpökuvan resoluutio on 160x120 pikseliä, erottelukyky 0,06 C°, kamera tallentaa lämpökuvan, digikuvan sekä MSX-kuvan (digi- ja lämpökameran yhdistelmä kuva). Lämpökameran toimintoihin kuuluu keskipisteen mittausta, alue max/min-toiminto, isotermin-värihälytys ja yli/ali asetetun lämpötilan -toiminto. (Infra-dex Oy, 2016, [viitattu: 3.4.2018].)

4.1.2 TSI Airflow TA460 monitoimimittari

TA460- sarjaan kuuluvat mittarit ovat kannettavia, monipuolisia sekä helppokäyttöisiä kuumalanka-anemometrejä. Mittarilla pystytään mittaamaan paine-eroa, lämpötilaa ja kosteutta. Mittalaite on helppokäyttöinen ja sen helppokäyttöisyyttä lisää suomenkielisyys. (Kimrok Oy, [viitattu: 3.4.2018])

4.1.3 Raportit

Lämpökuvien raportointiin käytettiin Flir Tools- ilmaisohjelmaa, mikä mahdollistaa kuvien lähemmän tarkastelun kuvauksen jälkeen. Raporttipohjana tutkimuksessa käytettiin Flir Tools- ohjelman valmista raporttipohjaa. Raporttiin on lisätty kommentteja kuviin sekä siinä olevaan taulukkoon on merkitty lämpötilaindeksi, tuulen nopeus, emissiokerroin, ulkoilman lämpötila, sisäilman lämpötila sekä pintalämpötilan minimi. Raportit on nimetty kuvauskohteen mukaan.

5 LÄMPÖKUVAUKSEN YHTEENVETO

Opinnäytetyölle asetettu tavoite, lämpökamerakuvausten suorittaminen ja kuvien analysointi Seinäjoen Vapaaseurakunnan työmaalle, saavutettiin. Lämpökuvia kerätyi kuvausten aikana noin 250 kuvaa. Kuvaus suoritettiin otolliseen aikaan, jolloin lämpötilaerot ovat varmasti riittävän suuret. Minimissään lämpötilaero oli 24 C° kuvausten aikana. Lämpökuvaus suoritettiin osana Lujatalo Oy:n laadunvalvontaa.

Lämpökuvia arvioitiin alimman pistemäisen lämpötilan lämpötilaindeksin avulla. Liitteen 1 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (74) ei edellytä korjausta ja täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta ilmavuoto on korjattavissa tiivistämällä pilarin juuri. Liitteen 2 kuvauskohdan lämpötilaindeksi (72) täyttää hyvän tason vaatimukset, pilarin juuren ilmavuoto on kuitenkin hyvä korjata tiivistysmassalla. Liitteen 3 kuvauskohdan lämpötilaindeksi (80) täyttää myös hyvän tason vaatimukset, tässäkin kohtaa on ilmavuoto kuitenkin hyvä korjata tiivistämällä pilarin juuri. Liitteen 4 kuvauskohdan lämpötilaindeksi (75) täyttää myös hyvän tason vaatimukset, ilmavuoto on kuitenkin hyvä sulkea tiivistysmassalla. Liitteen 5 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (68) täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Kuvauskohtaan olisi hyvä tehdä lisätutkimuksia, ilmavuoto saadaan korjattua tiivistämällä pilarin juuri. Liitteen 6 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (52) kertoo, että kyseessä on korjattava vika ja se ei täytä asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Liitteen 6 kuvauskohtaa tutkittaessa huomattiin ryömintätilassa eristeen puuttuvan ja kuvasta näkyy myös tiivistyksen puutteellisuus. Liitteen 7 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (51) kertoo kyseessä olevan korjattava vika, kylmää kohtaa tarkasteltaessa huomattiin tiivistyksen puuttuminen kokonaan. Liitteen 8 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (58) on korjattava, kuvauskohtaa tarkemmin tutkittaessa huomattiin eristeen puutteellisuus kuvauskohdalla ja pilarin kummankaan puolen ikkunaa ei ollut tiivistetty. Liitteen 9 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (87) täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta juuri on hyvä tiivistää ilmavuodon poistamiseksi. Liitteen 10 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (75) täyttää hyvän tason vaatimukset mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa toimenpiderajan, joten läpivienti tulee tiivistää kunnolla. Liitteen 11 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (67) on hyvällä tasolla mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa toimenpiderajan ja se tulee korjata tiivistämällä ikkunan alareuna.

Liitteen 12 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (72) täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa toimenpiderajan, joten on korjattava tiivistys sekä ryömintätilassa käydessä huomattu eristeen puutteellisuus on myös korjattava tältä kohdalta. Liitteen 13 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (71) on hyvällä tasolla, mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa toimenpiderajan, läpivienti tulee tiivistää kunnolla. Liitteen 14 kuvauskohdan lämpötilaindeksi (84) täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta tämä johtuu todennäköisesti alapuolella olevasta lämmityksestä, tiivistyksessä oli puutteellisuutta ja se on korjattava. Liitteen 15 kuvauskohdassa lämpötilaindeksi (81) täyttää hyvän tason vaatimukset, kuvassa näkyvissä kylmässä kohdassa puutteellinen tiivistys, kuvauskohta sijaitsee 2 kerroksessa joten 1. kerroksen lämpötila hieman "huijaa" lämpötilaindeksin noinkin hyväksi. Liitteen 16 kuvauskohdan lämpötilaindeksi (77) täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta alin pistemäinen lämpötila alittaa toimenpiderajan, tiivistyksessä näkyy puutteellisia kohtia ja todennäköisesti alakerrasta nouseva lämpö hieman nostaa vuotokohdan lämpötilaa ja näin ollen vääristää lämpötilaindeksiä.

Havaitut puutteellisuudet johtuivat suurimmaksi osaksi tiivistyksen puutteesta. Tiivistyksen puutteellisuuteen vaikutti eniten se, että kuvaushetkellä sitä ei ollut vielä joka paikkaan ehditty tekemään mutta myös muutamia "huonosti" tiivistettyjä kohtia löytyi. Havaittuja eristepuutteita ryömintätilassa tiedettiin jo ennen kuvauksia olevan, koska tehtaalta ei toimitusvaiheessa tullut kaikkia ontelolaattoihin kiinnitettäviä eristeitä. Oli siis tiedossa, että ryömintätilaan joudutaan jälkikäteen asentamaan lisää eristettä puutteellisiin kohtiin. Kuvausten aikana osissa kohtaa alimman pisteen lämpötila alitti toimenpiderajan, tämä osittain voi kuitenkin johtua siitä, että sisälämpötila vaihteli kuvauskohteissa hieman.

LÄHTEET

A 23.4.2018/545. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista.

Infradex Oy. 2016. Ex-sarjan datalehti. (8). [WWW-dokumentti]. [Viitattu 3.4.2018]. Saatavana: https://www.infradex.com/wp-content/uploads/2016/08/Ex_esite.pdf

Kimrok Oy. Ei päiväystä. TSI Airflow tuote-esite. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 3.4.2018]. Saatavana: <http://www.kimrok.fi/sivut/images/TA460-Series%20FIN%201110.pdf>

Lujatalo Oy. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.1.2018]. Saatavana: <http://www.lujatalo.fi/yri-tys/alueyksikot/>

Paloniitty, S., Paloniitty, J. & Haimilahti, J. 2016. Lämpökuvaus rakentamisessa. Vaasa: Oy Fram Ab.

Ratu 2017. Rakennustöiden laatu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14–11239. 2016. Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto.

LIITTEET

Liite 1. Raportti toimisto 107 1 krs.

Liite 2. Raportti toimisto 107 1 krs.

Liite 3. Raportti toimisto 108 1 krs.

Liite 4. Raportti toimisto 109 1 krs.

Liite 5. Raportti taukotila 118 1 krs.

Liite 6. Raportti taukotila 118 VSS- puoleinen nurkka 1 krs.

Liite 7. Raportti kokoushuone 1 119 1 krs.

Liite 8. Raportti kokoushuone 1 119 nurkan pilari 1 krs.

Liite 9. Raportti monitoimisali 126 1 krs.

Liite 10. Raportti monitoimisali 126 sähköläpivienti 1 krs.

Liite 11. Raportti partiokolo 127 1 krs.

Liite 12. Raportti varasto 128 1 krs.

Liite 13. Raportti TK 153 1 krs.

Liite 14. Raportti keittiö 221 2krs.

Liite 15. Raportti kerhohuone 2 208 2 krs.

Liite 16. Raportti aula 211 2 krs.

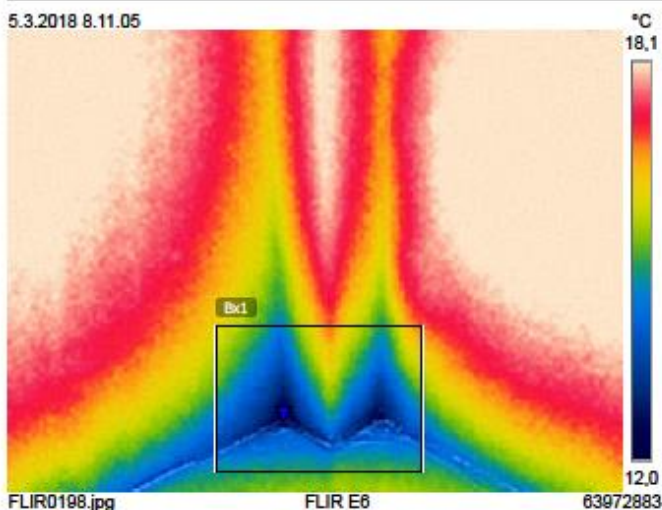
Liite 17. Kuvauskohdat 1 krs ja 2 krs.

LIITE 1 raportti toimisto 107 1 krs.



Huonetila 107 toimisto 1 kerros

Mittaukset		
Bx1	Mn	12,0 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0.95



Tekstikommentit	
Lämpötilaindeksi	74
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	20 C
Pintalämpötila minimi	12 C

- TI ei edellytä korjausta, mutta ilmavuoto on hyvä sulkea tiivistysmassalla

LIITE 2 raportti toimisto 107 1 krs.



Huonetilä 107 toimisto 1 kerros.

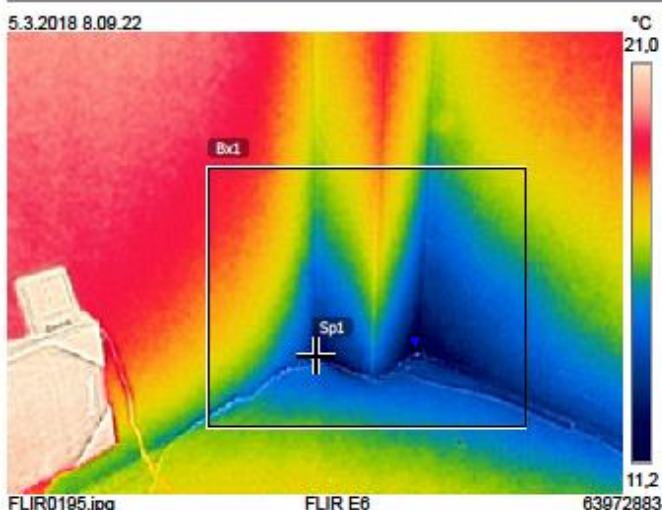
Mittaukset

Bx1	Min	11,3 °C
Sp1		12,7 °C

Parametrit

Emissiivisyys	0,95
---------------	------

5.3.2018 8.09.22



FLIR0195.jpg

5.3.2018 8.09.22



FLIR0195.jpg

Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	72
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	20 C
Pintalämpötila minimi	11,2 C

- TI ei edellytä korjausta, mutta ilmavuoto on hyvä sulkea tiivistysmassalla

LIITE 3 raportti toimisto 108 1 krs.



Huonetila 108 toimisto 1 krs

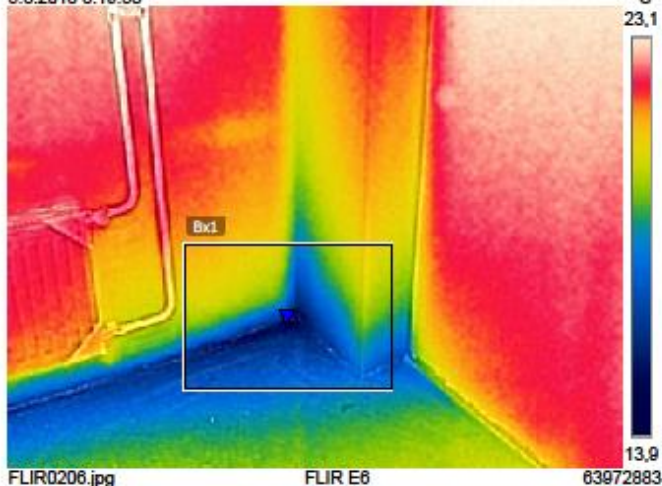
Mittaukset

Bx1 Min 13,9 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0,95

5.3.2018 8.19.53



5.3.2018 8.19.53



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	80
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	20 C
Pintalämpötila minimi	13,9 C

- TI ei edellytä korjausta, mutta ilmavuoto on hyvä sulkea tiivistysmassalla

LIITE 4 raportti toimisto 109 1 krs.



Huonetila 109 toimisto 1 krs

Mittaukset

Bx1 Min 12,2 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0,95

Heij. näenn.lämp. 20 °C

5.3.2018 8.22.31



5.3.2018 8.22.31



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	75
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	20 C
Pintalämpötila minimi	12,2 C

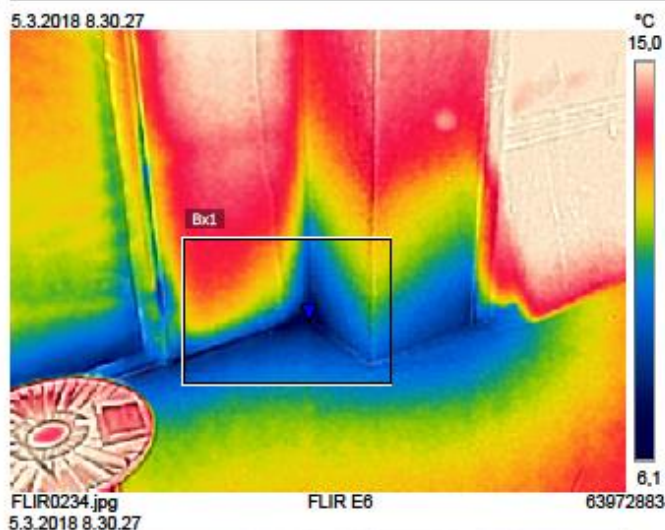
- TI ei edellytä korjausta, mutta ilmavuoto on hyvä sulkea tiivistysmassalla

LIITE 5 raportti taukotila 118 1 krs.



Huonetila 118 taukotila

Mittaukset		
Bx1	Mn	6,1 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	68
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	14 C
Pintalämpötila minimi	6,1 C

- TI edellyttää lisätutkimuksia, ilmavuoto on hyvä sulkea tiivistysmassalla

LIITE 6 raportti taukotila 118 VSS-puoleinen nurkka 1 krs.



Huonetila 118 taukotila 1 kerros

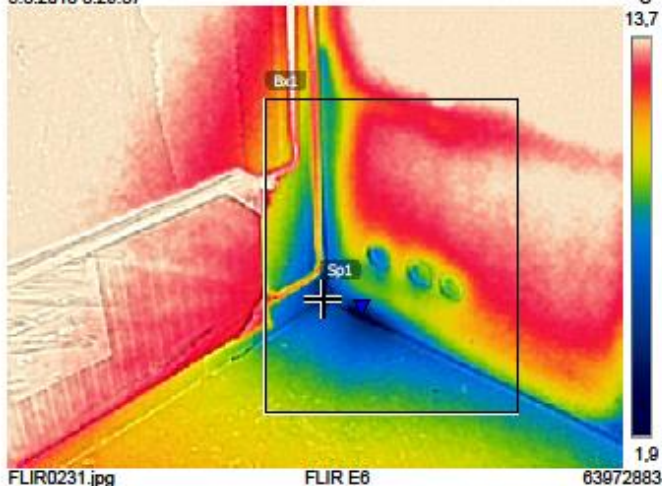
Mittaukset

Bx1	Min	1,9 °C
Sp1		4,1 °C

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
---------------	------

5.3.2018 8.29.37



5.3.2018 8.29.37



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	52
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	14 C
Pintalämpötila minimi	1,9 C

1/1

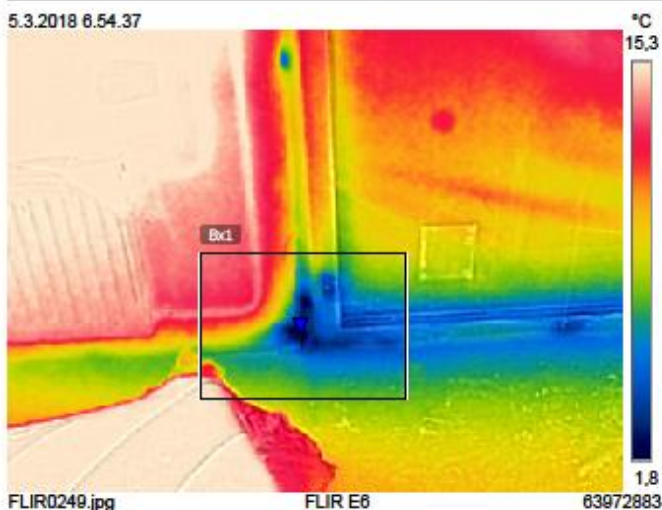
- TI:n mukaan korjattava vika, alapuolen eristeen korjaaminen ja tiivistys

LIITE 7 raportti kokoushuone 1 119 1 krs.



Huonetila 119 ikkunan ja seinän liitos 1krs

Mittaukset		
Bx1	Mn	1,8 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	51
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	14 C
Pintalämpötila minimi	1,8 C

- TI:n mukaan korjattava vika, ikkuna tulee tiivistää massalla

LIITE 8 raportti kokoushuone 1 119 nurkan pilari 1 krs.



Huonetila 119 kokoushuone nurkan pilari

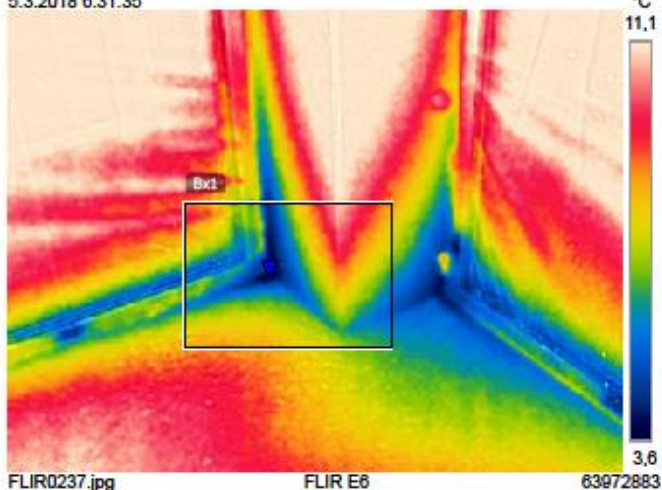
Mittaukset

Bx1 Min 3,6 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0.95

5.3.2018 6.31.35



5.3.2018 6.31.35



Tiivistys puutteellinen, ryömintätilasta myös puuttui eriste tältä kohdalta.

Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	58
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	14 C
Pintalämpötila minimi	3,6 C

- TI:n mukaan korjattava vika, alapuolen eristeen korjaaminen ja tiivistys

LIITE 9 raportti monitoimisali 126 1 krs.



Huonetila 126 monitoimisali 1 kerros

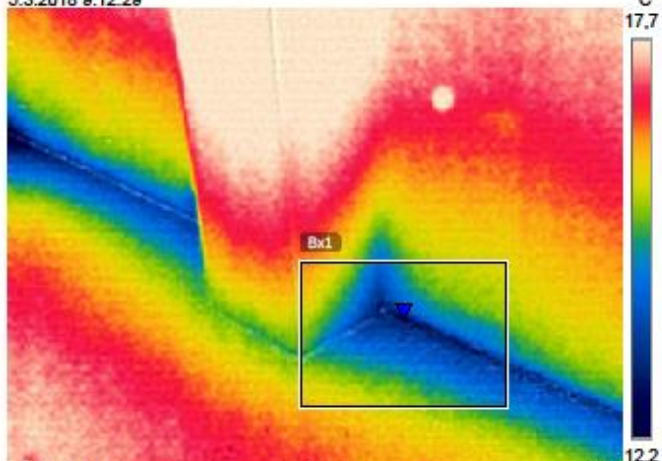
Mittaukset

Bx1 Mn 12,7 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0.95

5.3.2018 9.12.29



FLIR0288.jpg

FLIR E6

63972883

5.3.2018 9.12.29



FLIR0288.jpg

FLIR E6

63972883

Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	87
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	16,3 C
Pintalämpötila minimi	12,7 C

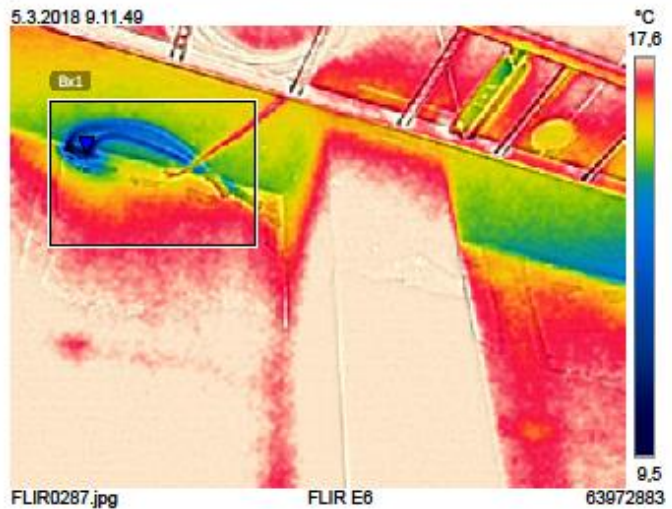
- TI ei edellytä korjaamista, ilmavuodon saa pois tiivistämällä.

LIITE 10 raportti monitoimisali 126 sähköläpivienni 1 krs.



Huonetila 126 monitoimisali sähköläpiviennit 1 kerros

Mittaukset		
Bx1	Min	9,5 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0.95



5.3.2018 9.11.49



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	75
Tuuli m/s	2.0m/s
Emissiokerroin	0.95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	16,3 C
Pintalämpötila minimi	9,5 C

- TI:n mukaan ei korjattavaa, läpivienni olisi hyvä tiivistää kunnolla

LIITE 11 raportti partiokolo 127 1 krs.



Huonetila 127 partiokolo

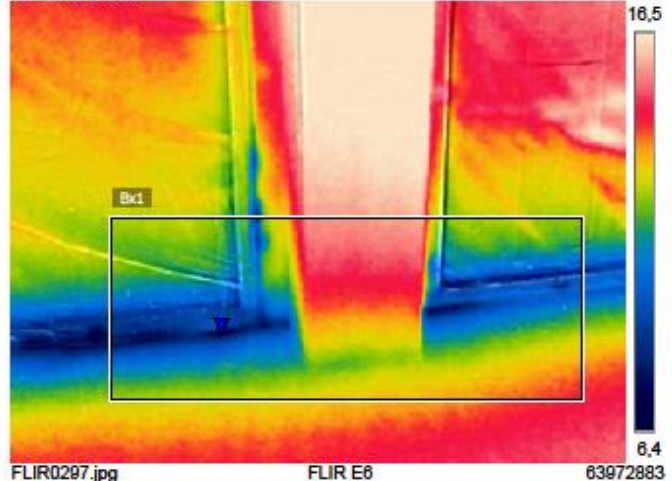
Mittaukset

Bx1 Min 6,6 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0,95

5.3.2018 9.16.21



5.3.2018 9.16.21



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	67
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	16,3 C
Pintalämpötila minimi	7,4 C

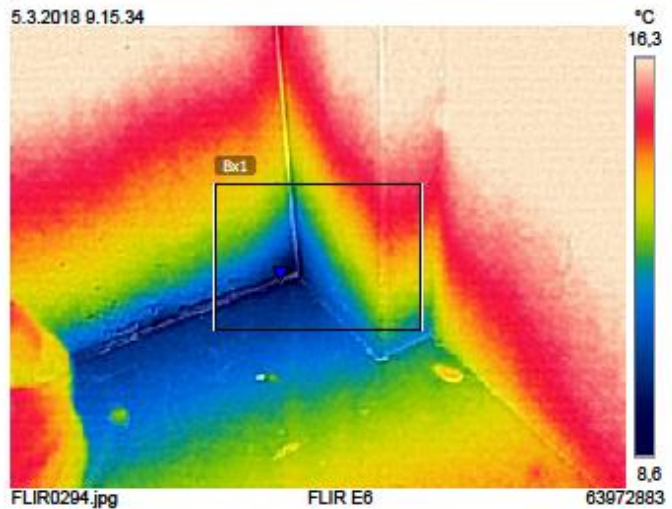
- TI:n mukaan lisätutkimuksia, ilmavuoto saadaan korjattua tiivistämällä

LIITE 12 raportti varasto 128 1krs.



Huonetilä 128 varasto 1 kerros

Mittaukset		
Bx1	Min	8,6 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95



5.3.2018 9.15.34



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	72
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	16,3 C
Pintalämpötila minimi	8,6 C

- TI täyttää hyvän tason vaatimukset, eristeen korjaus ryömintätilasta ja tiivistys

LIITE 13 raportti TK 153 1 krs.



Huonetila 153 TK sähköläpiviennit

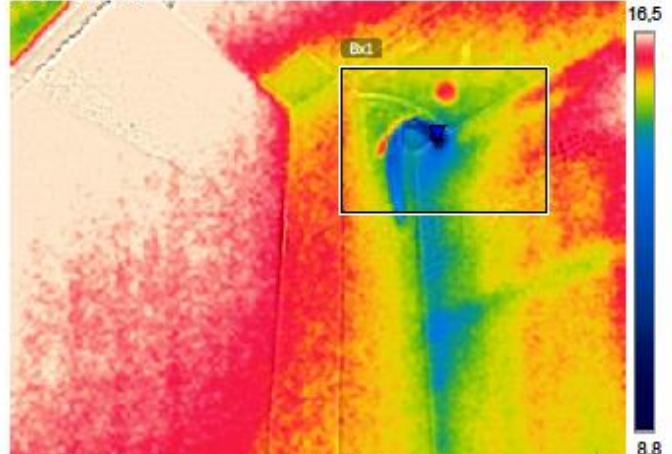
Mittaukset

Bx1 Min 8,8 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0,95

5.3.2018 9.09.59



FLIR0284.jpg

FLIR E6

63972883

5.3.2018 9.09.59



FLIR0284.jpg

FLIR E6

63972883

Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	71
Tuuli m/s	2,0 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-11 C
Sisälämpötila	16,7 C
Pintalämpötila minimi	8,8 C

1/1

- TI:n mukaan ei korjattavaa, läpivienti olisi hyvä tiivistää kunnolla

LIITE 14 raportti keittiö 221 2 krs.



Huonetila 221 keittiö ikkuna

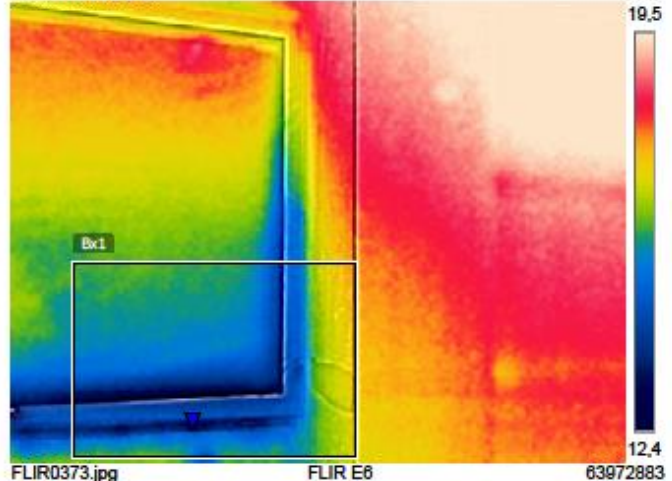
Mittaukset

Bx1 Mn 12,8 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0.95

5.3.2018 12.10.09



5.3.2018 12.10.09



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	84
Tuuli m/s	3,0m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-10 C
Sisälämpötila	17 C
Pintalämpötila minimi	12,8 C

- TI:n mukaan ei korjattavaa, tiivistys tulee kuitenkin ilmavuodon vuoksi korjata

LIITE 15 raportti kerhohuone 2 208 2 krs.



Huonetila 208 kerhohuone 2, 2 kerros

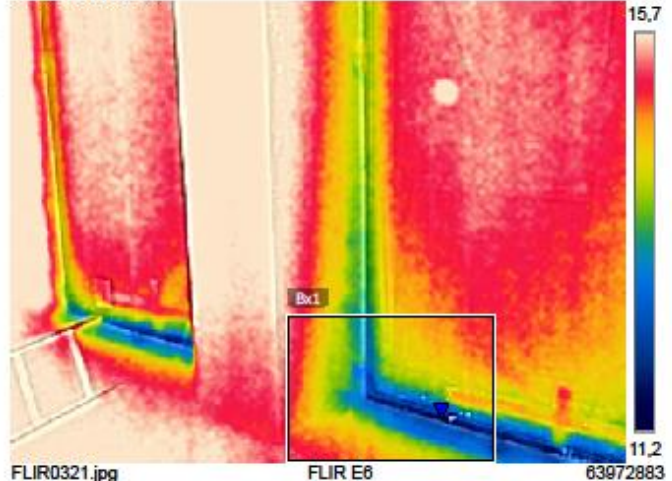
Mittaukset

Bx1 Min 11,7 °C

Parametrit

Emissiivisyys 0,95

5.3.2018 10.39.22



5.3.2018 10.39.22



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	81
Tuuli m/s	3 m/s
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-10 C
Sisälämpötila	16,8 C
Pintalämpötila minimi	11,7 C

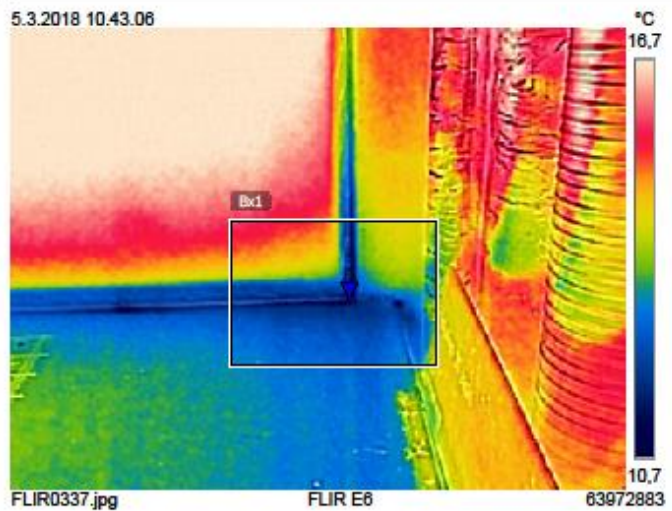
- TI:n mukaan ei korjattavaa, tiivistys tulee kuitenkin ilmavuodon vuoksi korjata

LIITE 16 raportti aula 211 2 krs.



Huonetila 211 aula 2 krs

Mittaukset		
Bx1	Min	10,7 °C
Parametrit		
Emissiivisyys		0.95



5.3.2018 10.43.06



Tekstikommentit

Lämpötilaindeksi	77
Tuuli m/s	3m/S
Emissiokerroin	0,95
Ulkolämpötila	-10 C
Sisälämpötila	16,8 C
Plntalämpötila minimi	10,7 C

- TI:n mukaan ei korjattavaa, tiivistys on kuitenkin hyvä korjata

LIITE 17 Kuvauskohdat 1 krs ja 2 krs.

